



# **Kartering av hyggeskanter i pankromatiska SPOT-bilder**

**Ulf Tingelöf  
Mats Nilsson**

**Arbetsrapport 69 2000**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERISTET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR--69 --SE

<b>INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
BAKGRUND .....	1
SYFTE.....	1
<b>MATERIAL OCH METODER.....</b>	<b>2</b>
FÖRSÖKSOMRÅDE .....	2
DIGITALA FLYGFOTON .....	2
SIMULERADE SPOT BILDER .....	2
BESTÅNDSDATA .....	2
DIGITALISERADE HYGGESKANTER .....	2
KANTDETEKTERING .....	3
<b>RESULTAT OCH DISKUSSION .....</b>	<b>5</b>
UTJÄMNING.....	5
FÖRSKJUTNING.....	6
<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>9</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>9</b>
<b>BILAGA A    FILTERUTFORMNING.....</b>	<b>10</b>
<i>Dx, Dy .....</i>	<i>10</i>
<i>Dxx, Dyy.....</i>	<i>10</i>
<i>Dxy, Dxxx Dyyy Dxxy, Dxyy .....</i>	<i>11</i>

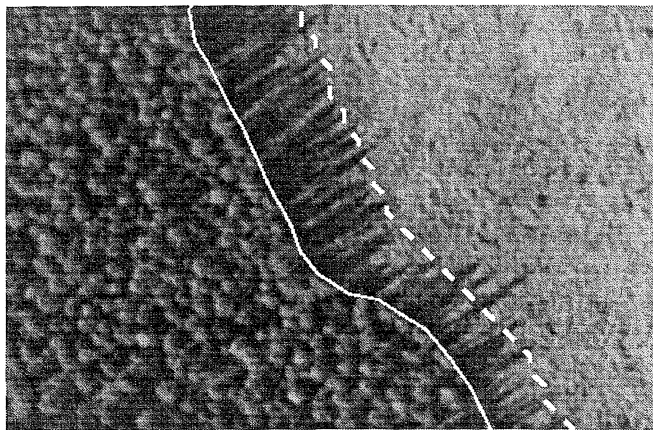
# INLEDNING

## Bakgrund

I Sverige utgör produktiv skogsmark ca. 55 procent av den totala landarealen. Den årliga avverkningen uppgår till drygt 60 milj. m<sup>3</sup>sk, vilket motsvarar ett virkesvärde på ca 20 miljarder kronor. Hur skogsresursen skall skötas och utnyttjas styrs av strategiska och politiska beslut som bl.a. baseras på uppgifter från riksskogstaxeringen.

Riksskogstaxeringen genomförs idag som en årligt återkommande stickprovsinventering i fält av hela Sveriges landareal. Syftet är att fortlöpande beskriva tillstånd och förändringar i skogslandskapet, såväl skogliga som miljömässiga. Den nuvarande inventeringen med sitt relativt glesa stickprov gör det svårt att identifiera och kvantifiera företeelser som förekommer sparsamt i landskapet. Den årliga slutavverkningsarealen skattas för närvarande med ett medelfel på ca 9.5 procent. Att bättre detektera nya hyggen och bestämma deras areal är därmed av stort intresse för riksskogstaxeringen. En annan användare som är i stort behov av information om nyupptagna hyggen är skogsvårdsstyrelsen. Dit kommer årligen ca 30000 anmälningar med områden som tänkt huggas. Dessa områden skall sedan jämföras med det område som verkligen huggits.

Att detektera nya hyggen kan göras genom att först identifiera slutavverkade områden i multitemporala satellitbilder. Därefter bestämmer man mer exakt hyggeskanternas lägen med kantdetektering. I bilden nedan syns skog som gränsar mot hygge. Skogen innehåller mycket skuggor och är mörk i bilden medan hygget är ljus. När man går från skog mot hygge sker en succesiv förändring från mörka till ljusa pixlar. Där denna förändring är som starkast detekteras kanten (streckad linje). Om enkla algoritmer som enbart baseras på gråskalan används sammanfaller inte den detekterade kanten alltid med hyggeskanten (heldragen linje).



*Figur 1. Detekterad kants (streckad) förskjutning relativt sann hyggeskant (heldragen).*

## Syfte

Målet med denna rapport är att beskriva hur en detekterad hyggeskant förskjuts relativt den sanna hyggeskanten pga belysnings- och skuggeffekter. Det är även av intresse att utvärdera om olika täta skuggor påverkar den detekterade kantens läge. Med kännedom om detta kan en korrekt metod för hyggesdetektering tas fram för operationellt bruk i riksskogstaxeringen. Att avgränsa hyggena korrekt är speciellt viktigt för små objekt där arealfelet annars blir förhållandevis stort.

## **MATERIAL OCH METODER**

Tillvägagångssättet i denna studie har varit att studera hur hyggeskanter som detekteras med SPOT-data ligger i förhållande till sanna hyggeskanter. Detta har gjorts genom att först avgränsa hyggen i en digital flygbild. Därefter har kanterna detekterats i SPOT-bilder som simulerats mha av flygbilder. Tillgängliga satellitbildsskattningar av beståndsvariabler har sedan använts för att beskriva hur de detekterade hyggeskanternas förskjutning påverkas av skuggorna och tätheten på skogen.

### ***Försöksområde***

Nordväst om Vindeln i Västerbotten ligger ett försöksområde som heter Brattåker, ägt av Holmen skog. Området ligger på ca 200 meters höjd över havet. Trädslagsproportionerna sett i volymprocent är cirka 50 procent tall, 40 procent gran och 10 procent löv. Samtliga hyggen som ingår i denna studie ligger inom detta område.

### ***Digitala flygfoton***

I projektet användes två pankromatiska flygfoton tagna på 4600 meters höjd ( skala 1:30000 ) över delar av försöksområdet. Bilderna scannades med 12.5  $\mu\text{m}$  upplösning. De scannade bilderna precisionskorrigerades och omsamlades m.h.a. cubic convolution till 0.3 meters pixelstorlek med programvaran ErMapper.

### ***Simulerade SPOT bilder***

Pankromatiska SPOT-bilder har bilelement med storleken 10 meter. Sensorn som tar dessa bilder har en responskurva som överensstämmer med en normalfördelning med 5 meters standardavvikelse (Schowengerat, 1997). Här har SPOT bilder simulerats genom att först utjämna de högupplösta flygbilderna med ett Gausfilter med standardavvikelsen 5 meter och sedan sampla om bilderna till tre meters bilelement. Dessa bilder kan ses som SPOT bilder som omsamlats till tre meters bilelementsstorlek.

### ***Beståndsdata***

Över området fanns en TM-scen från 1994 som klassats med hjälp av ett neuralt nätverk. Från denna scen användes variabler som t.ex höjd, trädslag, grundyta för att beskriva skogen intill kanterna. RMSE för grundyta och höjd i dessa data var ca 35 procent (Hagner, 1999).

### ***Digitaliserade hyggeskanter***

Hyggeskanter digitaliserades manuellt i digitala flygfoton med upplösningen 0.3 meter. Dessa kanter utgjorde de sanna kanterna som de automatiskt detekterade kanterna senare jämfördes mot. I praktiken drogs kanten i de yttersta trädens toppar och därefter korrigerades lägena för parallaxer. Vid korrrektionen användes höjdvärden från TM-skattningarna. Kanten representerar därmed stammarnas positioner hos de yttersta träden. Skogstyperna intill kanterna var fördelade enligt tabell nedan där samtliga värden är medelvärden för respektive kant.

Tabell 1. Hyggeskanter med skattade skogliga variabler.

Kant	Trädhöjd (m)	Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	Tall (%)	Gran(%)	Löv(%)
1	12,6	15,1	88	12	0
2	15,8	21,5	66	31	3
3	15,0	18,8	84	16	0
4	14,9	18,8	86	14	0
5	16,0	22,3	59	37	4
6	16,7	24,1	37	56	7
7	15,3	24,5	25	58	17
8	11,8	17,4	67	17	16
9	14,1	19,2	79	17	4
10	14,1	20,9	54	31	15
11	18,6	27,5	25	69	6
12	11,5	17,5	52	29	19
13	10,3	14,9	71	17	12
14	16,3	21,5	70	30	0
15	13,0	19,3	56	29	15
16	15,9	21,0	73	27	0

### Kantdetektering

En rasterbild består av diskreta pixelvärden. Denna värdemängd kan ses som diskreta värden tillhörande en kontinuerlig funktion  $L(x,y)$ . Gradienten (1) är den vektor som anger den maximala förändringen i en punkt  $(x,y)$  för denna funktion. Gradientens magnitud (2) anger förändringens storlek.

$$\nabla L = \frac{\partial L}{\partial x} i + \frac{\partial L}{\partial y} j \quad (1)$$

$$\|\nabla L\| = \left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)^{0.5} \quad (2)$$

De positioner där funktionen för gradientens magnitud sett i gradientens riktning antar maxima utgör kantpositioner i bilden. Kanten är här vinkelrät mot gradientriktningen. För att identifiera sådana maxpunkter måste första och andra derivatan till funktionen (2) i gradientens riktning bestämmas. För riktningsderivator gäller:

$$D_u \varphi(P_0) = \nabla \varphi(P_0) \cdot u \quad (3)$$

Vilket betyder att derivatan av  $\varphi$  i punkten  $P_0$  i enhetsvektorn  $u$ 's riktning är lika med skalär produkten av gradienten till  $\varphi$  i punkten  $P_0$  och vektorn  $u$ . För att få första derivatan till (2) i gradientens riktning sätts  $\varphi = (2)$  samt  $u = (1)$  normaliserad.

$$\varphi = \left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)^{0.5} \quad (4)$$

$$u = \frac{1}{\left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)^{0.5}} \left( \frac{\partial L}{\partial x} i + \frac{\partial L}{\partial y} j \right) \quad (5)$$

$$\nabla \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x} i + \frac{\partial \varphi}{\partial y} j \quad (6)$$

$$\nabla \phi = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( 2 \cdot \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y \partial x} \right)}{\left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)^{0.5}} \cdot i + \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( 2 \cdot \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} + 2 \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} \right)}{\left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)^{0.5}} \cdot j \quad (7)$$

$$\nabla \phi \cdot u = \frac{1}{\left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)} \left( \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} + \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y \partial x} + \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} + \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} \right) \quad (8)$$

$$\nabla \phi \cdot u = \frac{\left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y^2}}{\left( \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \right)} \quad (9)$$

Uttrycket (9) beskriver alltså första derivatan till funktionen för gradientens magnitud i gradientens riktning. På liknande sätt kan andra derivatan härledas vilket dock utelämnas i denna rapport.

Det som sökes vid kantdetektering är alltså punkter där första derivatan (9) till funktionen för gradientens magnitud (2) i gradientens riktning är noll samt dess andra derivata negativ. Om man antar att gradientens magnitud vid dessa extrempunkter ej är noll skall följande gälla för att en punkt skall tillhöra en kant (Lindeberg, 1993):

$$\left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} = 0 \quad (10)$$

$$\left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^3 \cdot \frac{\partial^3 L}{\partial x^3} + 3 \left( \frac{\partial L}{\partial x} \right)^2 \cdot \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial^3 L}{\partial x^2 \partial y} + 3 \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^2 \cdot \frac{\partial^3 L}{\partial x \partial y^2} + \left( \frac{\partial L}{\partial y} \right)^3 \cdot \frac{\partial^3 L}{\partial y^3} < 0 \quad (11)$$

I detta projekt används en metod där man för varje pixel bestämmer huruvida villkor (10) och (11) uppfylls. En sådan pixel klassas då som en kantpixel. Detta utförs genom att först applicera filter ( beskrivna i bilaga A ) som beräknar (10) och (11) för varje pixelcentrum. Eftersom (10) sällan antar exakt värdet noll i pixelcentrum kontrolleras om (10) antar värdet noll någonstans inom pixeln. Detta görs genom att kontrollera om någon de 4-konnekterade grannpixlarna har annat tecken. Om så är fallet kontrolleras med linjär interpolering om noll ligger på grannpixeln eller på undersökt pixel. Efter det att man identifierat kantpixlarna körs ett program som utifrån vissa inställningar binder ihop kantpixlarna till vektorer.

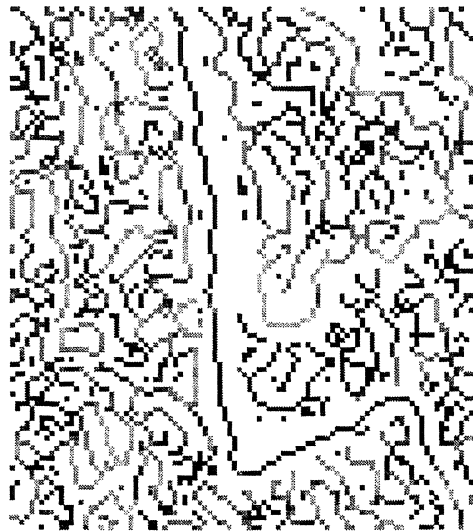
## RESULTAT OCH DISKUSSION

### *Utgjämning*

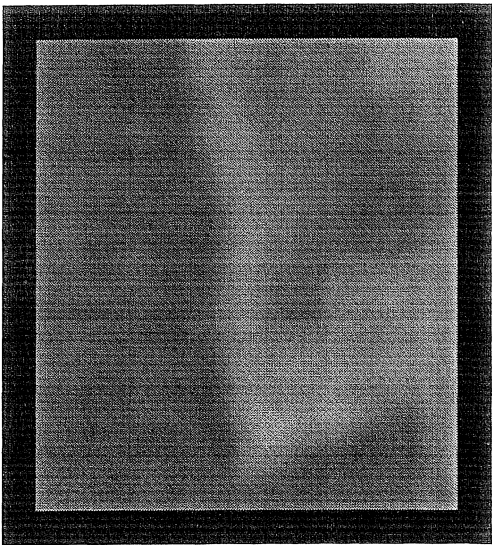
En bilds grad av utjämning påverkar i högsta grad kantdetekteringen. Ju mer en bild utjämnas desto färre kanter blir kvar i bilden. Det är även viktigt att använda ett symmetriskt rotationsoberoende filter vid utjämning tex ett gaussfilter. Annars förändras geometrin mer än nödvändigt. Eftersom byggeskanter utgör de tydligaste kanterna i en bild är det lämplig att göra sig kvitt små diffusa kanter genom att utjämna bilden innan kantdetektering. De kanter som blir kvar blir dock något mindre detaljerade.



*Figur 2. Simulerad SPOT-bild, 3m.*



*Figur 3. Kanter detekterade i fig 2.*



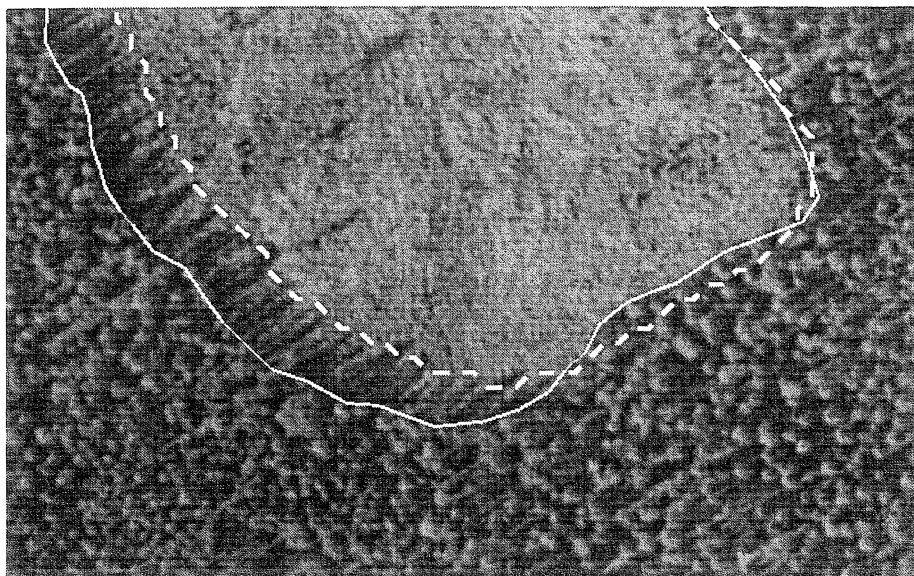
*Figur 4. Utgjämnd SPOT-bild, 3m.*



*Figur 5. Kanter detekterade i fig 4.*

## Förskjutning

På grund av skuggeffekter förskjuts den detekterade kanten i förhållande till den sanna hyggeskanten. De kanter där trädskuggan faller in mot hygget blir detekterade en bit in på hygget, se nedre vänstra delen i figur 6 nedan. De hyggeskanter där trädens skuggor inte faller in mot hygget blir däremot endast marginellt förskjutna utåt. Resultatet blir att det detekterade hyggets area underskattas. I bilden nedan är heldragen linje den sanna kanten och streckad linje den detekterade. I detta fall var arean för det detekterade hygget åtta procent mindre än i verkligheten.



Figur 6. Flygbild som visar hur den i SPOT-bilden detekterade kanten förskjuts relativt sann hyggeskant.

Vid undersökning av sambandet mellan detekterad kants förskjutning och sann kant delades kanterna upp i två kategorier. De två kategorierna var kanter där trädens skuggor faller in mot hygget samt kanter där trädens skuggor faller ut från hygget. För varje digitaliserad punkt i de sanna kanterna beräknades avstånd i skuggriktningen till detekterad kant, samt skugglängd. Skugglängden beräknades som horisontell skugglängd baserad på skattad trädhöjd.

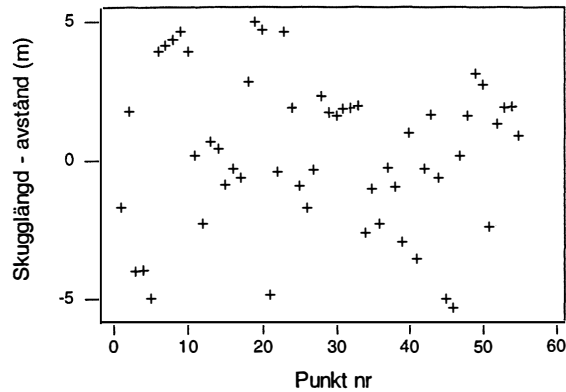
$$l = \frac{h}{\tan(A)}$$

Där  $A$  är solvinkel ovan horisonten, och  $h$  är trädhöjd.



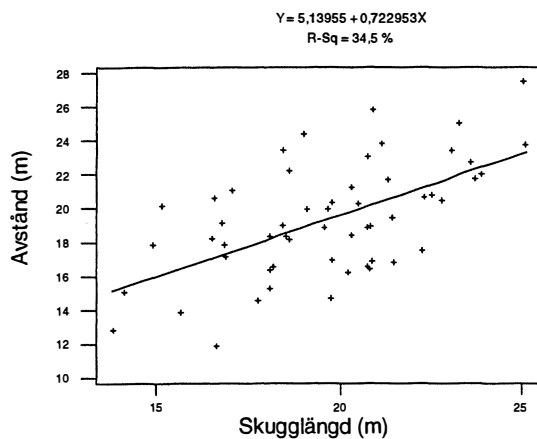
### Inskugga

Totalt elva hyggeskanter där trädens skuggor föll in mot hygget detekterades i två bilder. Fem punkter för varje kant valdes sedan slumpmässigt ut och sammanställdes.



*Figur 7. Skillnad mellan beräknad skugglängd och avstånd mellan detekterad och sann kant. Avser hyggeskanter där trädens skuggor faller in mot hygget.*

Visuellt ( i figurer liknande fig 6 ) kunde tidigt konstateras att samtliga kanter detekterats ungefär i skuggtopp. Figur 7 visar dock att avståndet mellan detekterad och sann kant inte alltid är detsamma som beräknad skugglängd för varje punkt.

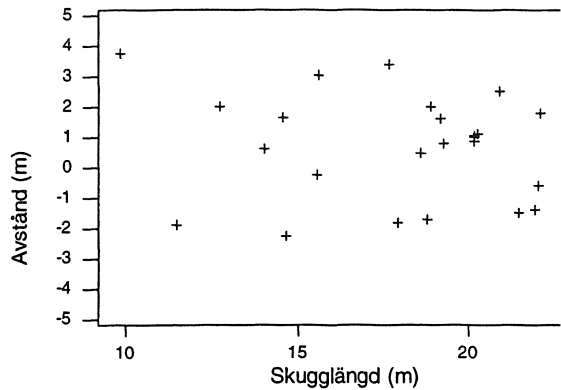


*Figur 8. Avstånd mellan detekterad och sann kant som funktion av beräknad skugglängd. Avser hyggeskanter där trädens skuggor faller in mot hygget.*

Vid regression av avstånd förklarad av skugglängd gavs en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 35 procent. Att lägga till förklarande variabler som skattad grundyta och saktad trädslagsblandning ökade inte förklaringsgraden. Den ganska stora spridningen i materialet förklaras även här till stor del av att skugglängden är osäkert bestämd eftersom den bygger på satellitbildsskattade trädhöjder. Med fältmätta variabler är det troligt att ett starkare samband erhållits.

### *Utskugga*

Totalt fem hyggeskanter där trädens skuggor föll ut från hygget detekterades i en bild. Även här valdes fem punkter för varje kant ut slumpmässigt.



*Figur 9 Avstånd mellan detekterad och sann kant. Avser hyggeskanter där trädens skuggor faller ut från hygget.*

Visuellt ( i figurer liknande fig 6 ) kunde tidigt konstateras att förskjutningen vid utskugga är mycket liten. Figur 9 visar på små förskjutningar och att förskjutningen är konstant oberoende av skugglängden. Det är troligt att förskjutningen kan bli större vid riktigt glesa hyggeskanter. Sådana kanter saknades i denna undersökning.

## **SLUTSATSER**

Vid detektering av hyggeskanter påverkas kanternas läge av trädens skuggor. För den del av hygget där trädens skugga faller in mot hygget detekteras kanten i stort sett i skuggtopparna. För den del av hygget där trädens skuggor faller ut ifrån hygget förskjuts kanten betydligt mindre. Lämplig åtgärd vid kantdetektering är att åtminstone ta hänsyn till förskjutningen pga trädens skugga in mot hygget.

## **Referenser**

Schowengerdt, R.A., 1997, Remote Sensing, models and methods for image processing. Academic Press.

Lindeberg, T., 1993, Discrete Derivative Approximations with Scale-Space Properties for Low-Level-Feature Extraction.

Hagner, O. , 1999, Estimation of forest characteristics from satellite image data

## Bilaga A Filterutformning

Metoden för kantdetektering beskriven i avsnittet "material och metoder" kräver att derivatorna  $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$ ,  $D_{xy}$ ,  $D_{xxx}$ ,  $D_{yyy}$ ,  $D_{xxy}$ ,  $D_{xyy}$ , beräknas för respektive pixel. Här nedan beskrivs filter av typen "Moving window" som beräknar dessa derivator:

### $D_x$ , $D_y$

Första derivatorna i x och y-led bestäms med så små och enkla filter som möjligt. Dessa skall ge förändring av pixelvärde i x respektive y-led för den aktuella punkten. Filterna beräknar skillnaden mellan de två närmast intilliggande pixlarna i x respektive y-led och delar resultatet med avståndet (2 pixlar).

#### $D_x$

-1	0	1
----	---	---

Skalfaktor 0.5

#### $D_y$

1
0
-1

Skalfaktor 0.5

### $D_{xx}$ , $D_{yy}$

Andra derivatorna i x och y-led bestäms också med så små filter som möjligt. Här följer en härledning av andra derivatan i x-led:

Pixelvärde i sökt punkt =  $v(i)$

Pixelvärde vänster om sökt punkt =  $v(i-1)$

Pixelvärde höger om sökt punkt =  $v(i+1)$

Först beräknas första derivatan för de två punkter som ligger på gränserna mellan den aktuella punkten och de två grannpixlarna i x-led. Dessa punkter ligger alltså en halv pixel till vänster respektive höger om pixelcentrum för den sökta pixeln. Andra derivatan i centrum för den sökta pixeln fås sedan som skillnaden mellan de två beräknade första derivatorna. Dvs:

$$v'(i+0.5) = v(i+1) - v(i)$$

$$v'(i-0.5) = v(i) - v(i-1)$$

$$v''(i) = v'(i+0.5) - v'(i-0.5) = v(i+1) - v(i) - v(i) + v(i-1) = [1 \ -2 \ 1] \begin{bmatrix} v(i-1) \\ v(i) \\ v(i+1) \end{bmatrix}$$

#### $D_{xx}$

1	-2	1
---	----	---

Skalfaktor 1

#### $D_{yy}$

1
0
-1

Skalfaktor 1

## Dxy, Dxxx Dyyy Dxxy, Dxxy

Dessa filter fås genom att kombinera de ovan beskrivna filtren. En sådan kombination beskrivs här för filtret Dxy. Filtret Dxy fås genom att kombinera Dx och Dy över de nio pixlarna p1-p9 nedan:

p1	p2	p3
p4	p5	p6
p7	p8	p9

Först beräknas Dx för p2,p5,p8. Dessa får då i tur och ordning värdena:

$$D_x p2 = (-1 \cdot p1 + 0 \cdot p2 + 1 \cdot p3) / 2$$

$$D_x p5 = (-1 \cdot p4 + 0 \cdot p5 + 1 \cdot p6) / 2$$

$$D_x p8 = (-1 \cdot p7 + 0 \cdot p8 + 1 \cdot p9) / 2$$

Därpå beräknas Dy utifrån dessa värden för punkten p5:

$$D_{xy} p5 = (1 \cdot D_x p2 + 0 \cdot D_x p5 + -1 \cdot D_x p8) / 2$$

$$D_{xy} p5 = (-1 \cdot p1 + 0 \cdot p2 + 1 \cdot p3 + 1 \cdot p7 + 0 \cdot p8 - 1 \cdot p9) / 4$$

### Dxy

-1	0	1
0	0	0
1	0	-1

Skalfaktor 0.25

### Dxxx

-1	2	0	-2	1
----	---	---	----	---

Skalfaktor 0.5

### Dyyy

1
-2
0
2
-1

Skalfaktor 0.5

### Dxxy

1	-2	1
0	0	0
-1	2	-1

Skalfaktor 0.5

### Dxyy

-1	0	1
2	0	-2
-1	0	1

Skalfaktor 0.5

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

### **Riksskogstaxeringen:**

- 1995    1    Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2    Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997   23    Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24    Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998   30    Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34    Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37    Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38    Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999   50    Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52    Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54    Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56    Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57    Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.

### **Planering och inventering:**

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.

### **Biometri:**

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG-AR--64--SE

### **Fjärranalys:**

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.
- 2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaötiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.

### **Kompendier och undervisningsmaterial:**

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

### **Examensarbeten:**

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.



- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.

- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provtytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.

#### **Internationellt:**

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.

- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.